

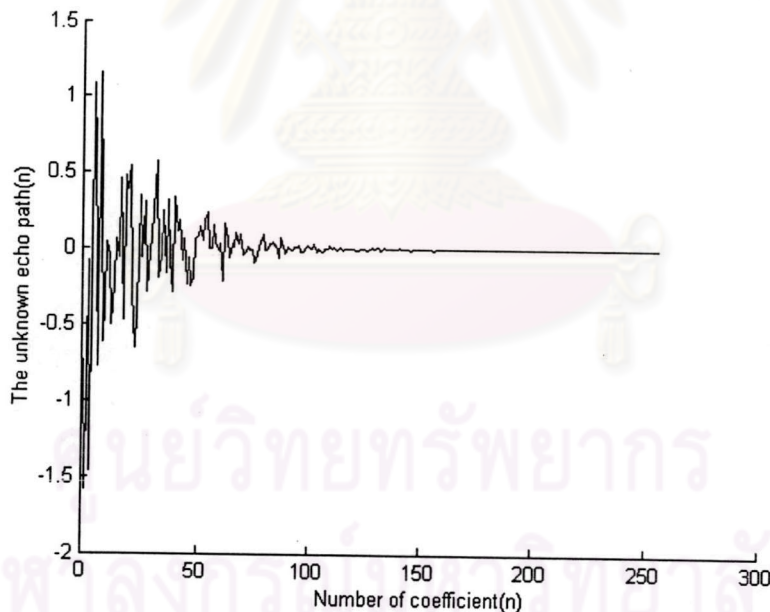
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดลองเมื่อใช้ DTD ที่นำเสนอ

4.1.1 สัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณรบกวนสีขาว

การทดลองนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ DTD ในการตรวจวัดสถานการณ์ DT และสามารถแยกแยะสถานการณ์ DT ออกจากสถานการณ์ AEPC หรือสภาวะอยู่ตัว สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว ลักษณะของวิถีสะท้อนทางเสียงในห้องใกล้ที่ใช้ในการทดลองแสดงในรูปที่ 4.1 มีลักษณะเป็นเอนVELOPE ของ exponential decay มีความยาวเท่ากับ 256 โดยสมมติให้คงที่ตลอดทุกการทดลอง และจะใช้ AEP เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ในการทดลองจะใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว $L = 256$ เช่นกัน



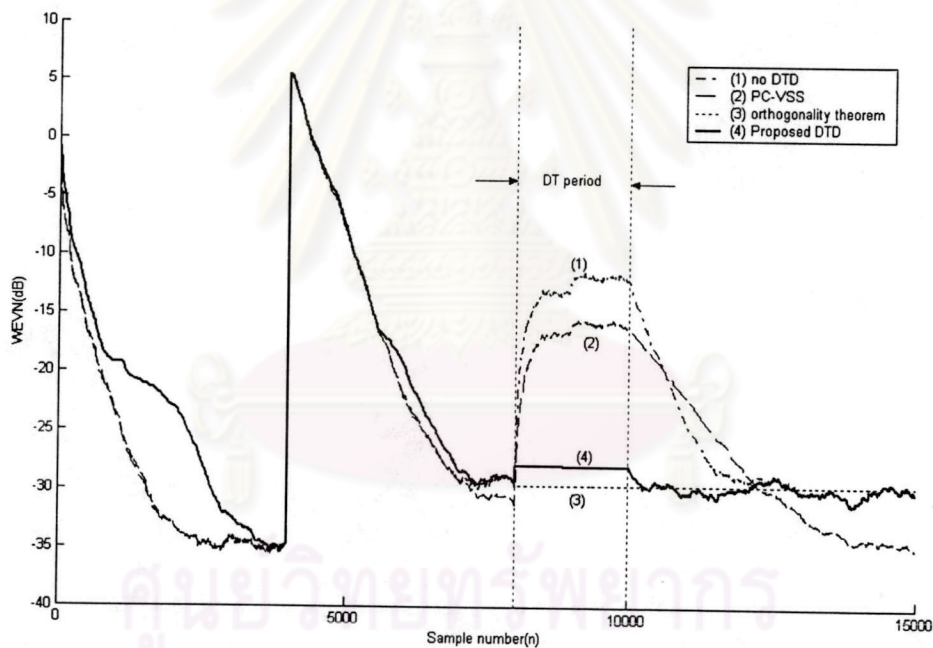
รูปที่ 4.1 ลักษณะวิถีสะท้อนทางเสียงในห้องใกล้

กำหนดให้สัญญาณรบกวนพื้นหลังที่ไม่โครโฟนในห้องใกล้มีค่า SNR เท่ากับ 30 dB และสมมติให้เกิดสถานการณ์ AEPC โดยจำลองการเกิดสถานการณ์ AEPC ในห้องใกล้โดยใช้ AEP อีกชุดหนึ่ง การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้เกิดสถานการณ์ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000-10,000 โดยสัญญาณ DT หรือสัญญาณผู้พูดในห้องใกล้เป็นสัญญาณรบกวนสีขาว

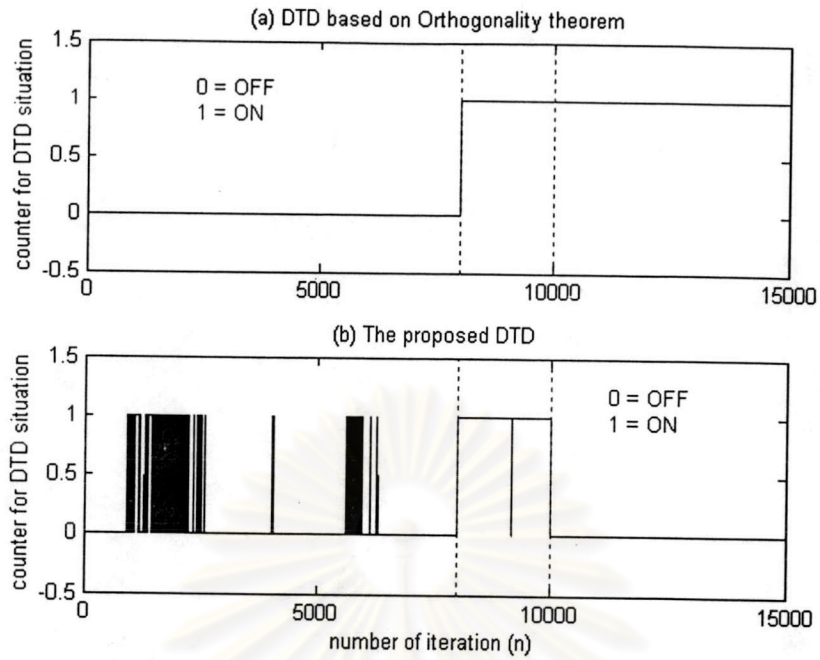
สมรรถนะของวงจรรองแบบปรับตัวในระบบ AEC คำนวณได้จากค่า WEVN (Weight Error Vector Norm) ซึ่งนิยามได้ดังนี้

$$\text{WEVN}(n) = 10 \log_{10} \frac{\|\underline{h} - \underline{w}(n)\|^2}{\|\underline{h}\|^2} \quad (4.1)$$

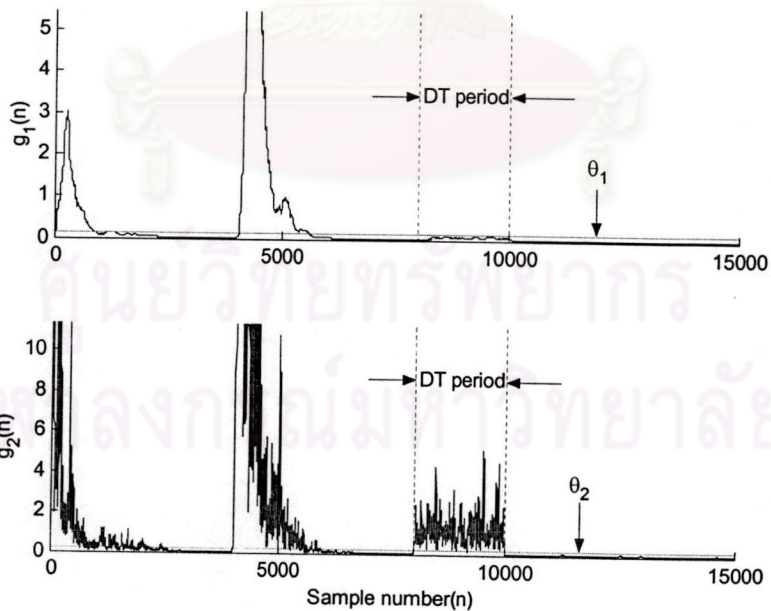
ในการทดลองนี้จะพิจารณาค่า DTFR 3 ค่า คือ DTFR = 0 และ -6 dB และ 6 dB ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละกรณีจะเปรียบเทียบสมรรถนะของ DTD ประเภทต่างๆ กันคือ 1. ระบบ AEC ที่ไม่มี DTD 2. ระบบ AEC ที่ใช้ DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก 3. ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี PC-VSS และ 4. ระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอ โดยเกือบทุกประเภทใช้ระเบียบวิธี NLMS ในการควบคุมการทำงานของวงจรรองแบบปรับตัว ยกเว้นประเภทที่ 3 ที่ใช้ระเบียบวิธี PC-VSS กรณีแรก พิจารณาสมรรถนะของระเบียบวิธีและ DTD ประเภทต่าง ๆ กรณีที่ใช้ค่า DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.2 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ประเภทต่างๆ ในกรณี DTFR = 0 dB เมื่อกำหนดให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้เกิดสถานการณ์ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



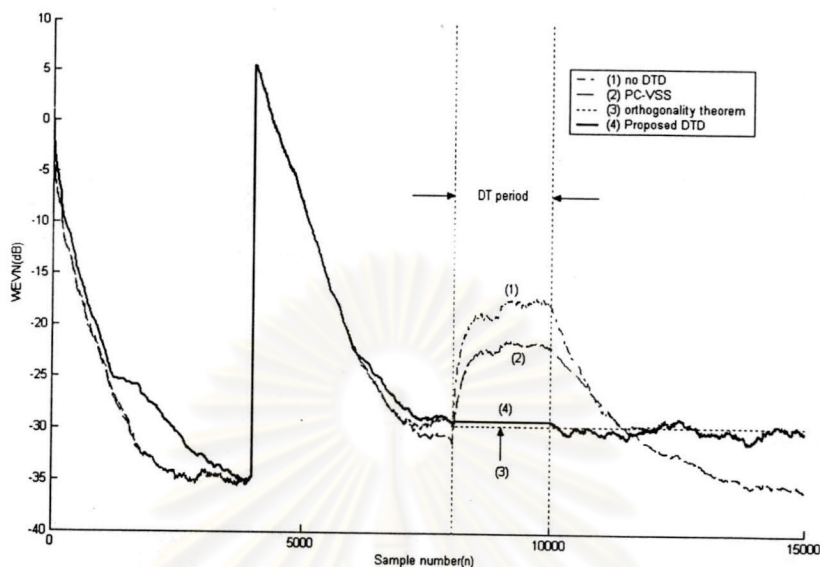
รูปที่ 4.3 การตัดสินใจสถานะการณ DT ของ (a) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก และ (b) DTD ที่นำเสนอในกรณี DTFR = 0 dB เมื่อกำหนดให้ เกิดสถานะการณ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้ เกิดสถานะการณ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



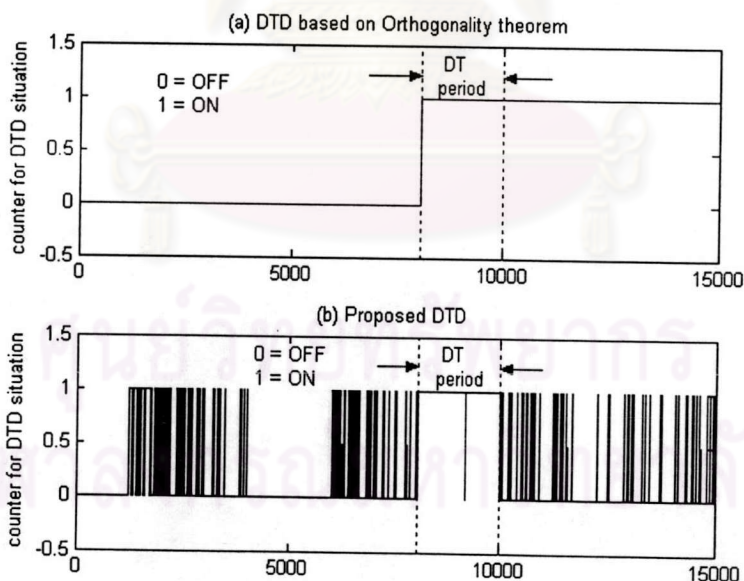
รูปที่ 4.4 DTD $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ของ DTD ที่นำเสนอในกรณี DTFR = 0 dB เมื่อกำหนดให้ เกิดสถานะการณ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติ ให้เกิดสถานะการณ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000

พิจารณารูปที่ 4.2 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS โดยไม่มี DTD ใด ๆ เมื่อเกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4000 และเกิดสถานการณ์ DT ในช่วงการวนซ้ำรอบที่ 8000-10000 ขณะที่เกิดสถานการณ์ DT สัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 20 dB หลังจากหมดสถานการณ์ DT แล้วระบบก็จะปรับตัวลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัวต่อไป เส้นที่ (2) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี PC-VSS ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT สัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 15 dB ซึ่งน้อยกว่าระบบที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เส้นที่ (3) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่มี DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความตึงฉาก โดยจะสังเกตได้ว่าในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว อย่างไรก็ตาม หลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว และจากการศึกษาการตัดสินใจผิดพลาดของ DTD ประเภทนี้ในรูปที่ 4.3(a) พบว่า หลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT แล้ว DTD ยังคงตัดสินใจผิดพลาดว่าเกิดสถานการณ์ DT หรือก็คือ DTD มีค่าเป็น "1" หรือ "ON" ตลอดซึ่งจริง ๆ แล้ว DTD ควรจะมีค่าเป็น "0" หรือ "OFF" เพื่อให้ระบบ AEC ทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวต่อไป ส่วนเส้นที่ (4) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอพบว่าอัตราการลู่เข้าในช่วงแรกมีความใกล้เคียงกับระบบ AEC ที่ไม่มี DTD หรือเส้นที่ (1) หากแต่ว่าอัตราการลู่เข้าช้ากว่าเล็กน้อยในช่วงที่ลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัว ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะไม่ลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวและยังปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวตามปกติ หลังจากหมดสถานการณ์ DT แล้วระบบจะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวต่อไป โดยค่าจุดเริ่มเปลี่ยนของ DTD ที่นำเสนอมีการกำหนดค่าเป็น $\theta_1 = 0.1362$ และ $\theta_2 = 0.1760$ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

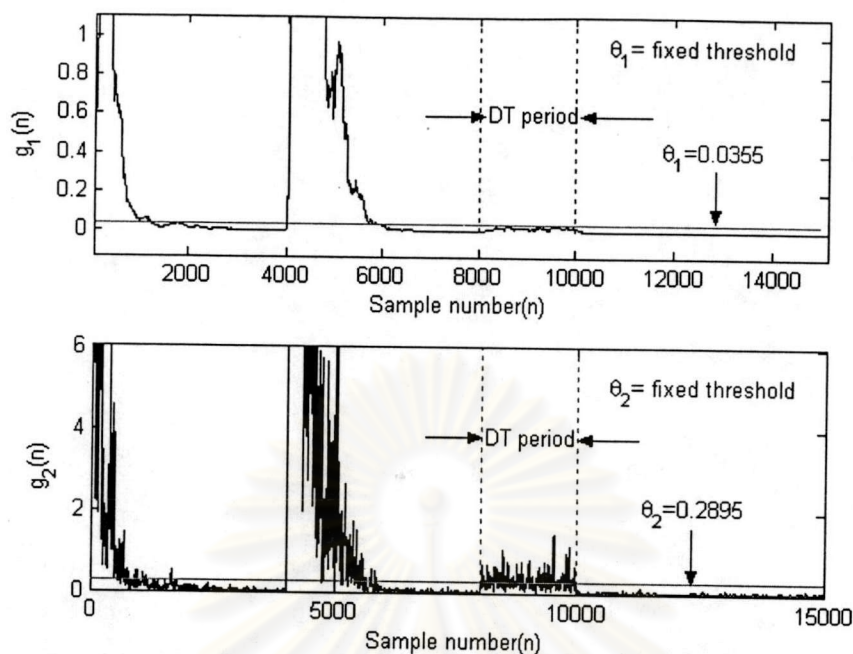
กรณีที่สอง พิจารณาสมรรถนะของระเบียบวิธีและ DTD ประเภทต่าง ๆ กรณีที่ใช้ค่า DTFR = -6 dB



รูปที่ 4.5 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ประเภทต่างๆ ในกรณี DTFR = -6 dB เมื่อกำหนดให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้เกิดสถานการณ์ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



รูปที่ 4.6 การตัดสินใจสถานการณ์ DT ของ (a) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก และ (b) DTD ที่นำเสนอในกรณี DTFR = -6 dB เมื่อกำหนดให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้เกิดสถานการณ์ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000

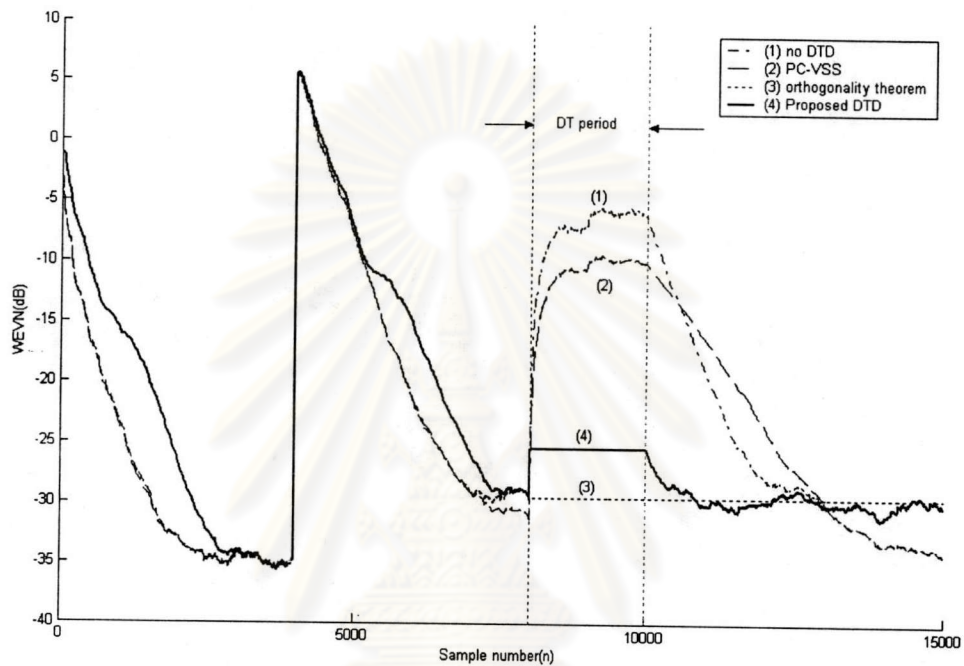


รูปที่ 4.7 DTD $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ของ DTD ที่นำเสนอนในกรณี DTFR = -6 dB
เมื่อกำหนดให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติ
ให้เกิดสถานการณ์ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000

พิจารณารูปที่ 4.6 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS ที่ไม่มีการใช้ DTD ใด ๆ เมื่อเกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และเกิดสถานการณ์ DT เริ่มจากจำนวนการวนซ้ำรอบที่ 8,000-10,000 ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 15 dB เมื่อผ่านช่วงสถานการณ์ DT แล้วระบบก็จะปรับตัวลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัวต่อไป เส้นที่ (2) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี PC-VSS ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT สัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 10 dB ซึ่งน้อยกว่าในระบบที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เส้นที่ (3) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่มี DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความต้งฉาก โดยจะสังเกตได้ว่าในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว แสดงว่าเกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดของ DTD ประเภทนี้ เช่นเดียวกับในกรณี DTFR = 0 dB โดยสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 4.6(a) ส่วนเส้นที่ (4) คือ สมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอ พบว่าอัตราการเรียนรู้จะมีความใกล้เคียงกับเส้นอื่น ๆ สำหรับในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะไม่เกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัว และภายหลังจากหมดสถานการณ์ DT แล้วระบบจะทำ

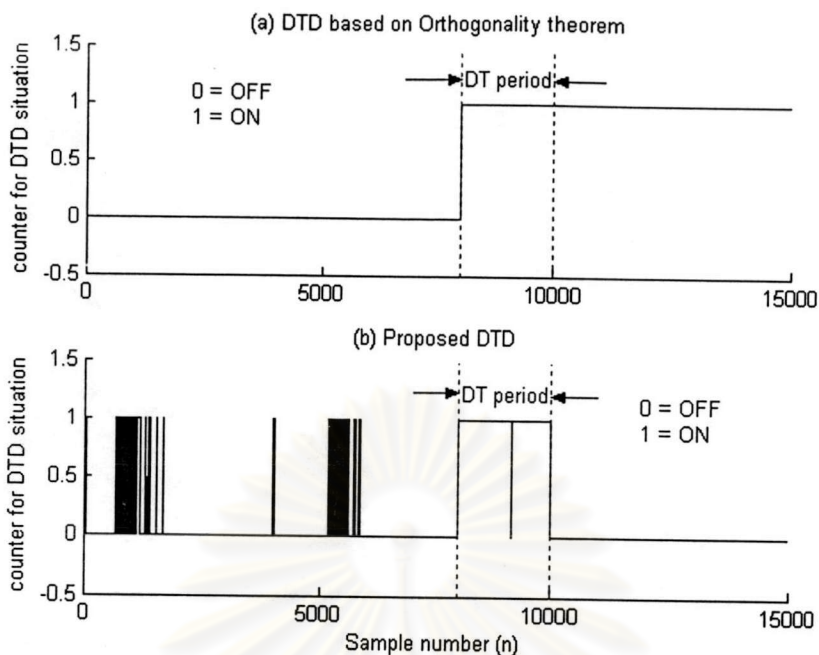
การปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป สำหรับ DTD ที่นำเสนอในกรณีนี้มีการกำหนดค่าจุดเริ่มเปลี่ยนเป็น $\theta_1 = 0.0355$ และ $\theta_2 = 0.2895$ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

กรณีที่สาม พิจารณาสมรรถนะของระเบียบวิธีและ DTD ประเภทต่าง ๆ กรณีที่ใช้ค่า DTFR = 6 dB

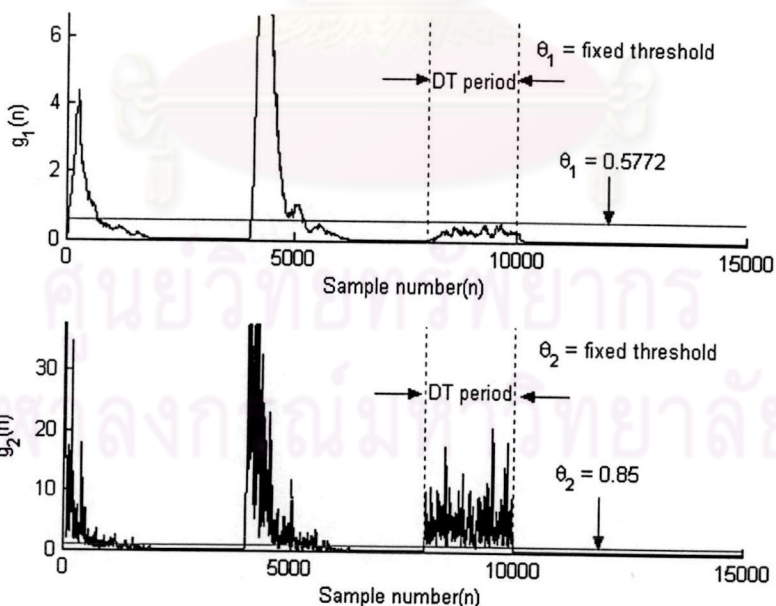


รูปที่ 4.8 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่มี DTD ประเภทต่างๆ ในกรณี DTFR = 6 dB เมื่อกำหนดให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้เกิดสถานการณ์ DTจากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 การตัดสินใจสถานะการณ DT ของ (a) ตัวตรวจวัดที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก และ (b) ตัวตรวจวัดที่นำเสนอนในกรณี DTFR = 6 dB เมื่อกำหนดให้ เกิดสถานะการณ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้ เกิดสถานะการณ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



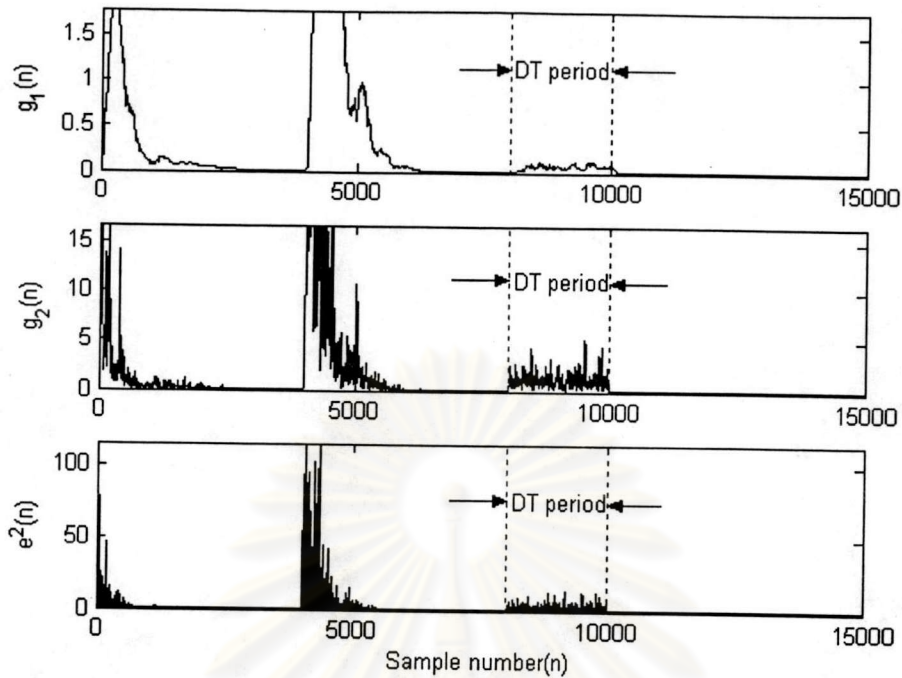
รูปที่ 4.10 DTD $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ของ DTD ที่นำเสนอนในกรณี DTFR = 6 dB เมื่อกำหนดให้เกิดสถานะการณ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และสมมติให้ เกิดสถานะการณ DT จากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000

พิจารณารูปที่ 4.8 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS ที่ไม่มี DTD ใด ๆ เมื่อเกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4,000 และเกิดสถานการณ์ DT เริ่มในช่วงจำนวนการวนซ้ำรอบที่ 8,000-10,000 และช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 25 dB หลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT แล้วระบบก็จะปรับตัวลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัวต่อไป เส้นที่ (2) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี PC-VSS ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT สัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวจะลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 20 dB ซึ่งน้อยกว่าในระบบที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เส้นที่ (3) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่มี DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความถี่ความถี่ โดยจะสังเกตได้ว่าในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังคงหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว แสดงว่าเกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดของตัวตรวจวัดประเภทนี้ เช่นเดียวกับในกรณี $DTFR = 0$ dB โดยสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 4.9(a) ส่วนเส้นที่ (4) คือ สมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอ พบว่าอัตราการลู่เข้าจะมีน้อยกว่าเส้นอื่นๆ เล็กน้อย สำหรับในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวประมาณ 4 dB และภายหลังจากหมดสถานการณ์ DT แล้วระบบจะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวต่อไป สำหรับ DTD ที่นำเสนอในกรณีนี้มีการกำหนดค่าจุดเริ่มเปลี่ยนเป็น $\theta_1 = 0.5772$ และ $\theta_2 = 0.85$ ดังแสดงในรูปที่ 4.10

จากรูปที่ 4.3 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.9 จะพบว่า DTD ที่นำเสนอนั้นยังมีบางช่วงที่ DTD ตัดสินผิดพลาด ซึ่งเป็นผลจากการเลือกใช้ค่าจุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และต่อไปจะพัฒนาใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาแทนการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ เพื่อลดการตัดสินใจผิดพลาดของ DTD ที่นำเสนอ

4.2 จุดเริ่มเปลี่ยนแบบปรับตัว

จากผลการทดลองพบว่า DTD ที่นำเสนอนั้นยังมีการตัดสินใจผิดพลาดซึ่งเป็นผลจากการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Adaptive Threshold) ซึ่งจะสามารถลดปัญหาการตัดสินใจผิดพลาดของ DTD ได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบลักษณะของ $g_1(n)$, $g_2(n)$ และสัญญาณ $e^2(n)$

จากรูปที่ 4.11 พบว่าลักษณะของ $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ มีลักษณะคล้ายคลึงกับสัญญาณ $e(n)$ ดังนั้นจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาควรจะเป็นฟังก์ชันของสัญญาณ $e(n)$ และจากการศึกษาจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาใน [11] จึงได้นำจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาใน [11] มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในสมการที่ (4.2) และ (4.3)

$$\theta_i(n) = M_i \sigma_e(n) \quad (4.2)$$

และ

$$|\sigma_e(n)|^2 = (1 - \beta_L) |e(n)|^2 + \beta_L |\sigma_e(n-1)|^2 \quad (4.3)$$

เมื่อ $\theta_i(n)$ คือ จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงใดๆ

M คือ ค่าคงที่ในช่วง 0 - 1

$|\sigma_e(n)|^2$ คือ long-term average ของสัญญาณ $e^2(n)$

β_L คือ forgetting factor

ค่าเริ่มต้นของจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงกำหนดให้เป็น $\theta_1(1) = \theta_2(1) = e(1)$ และ $\sigma_e(1) = 0$

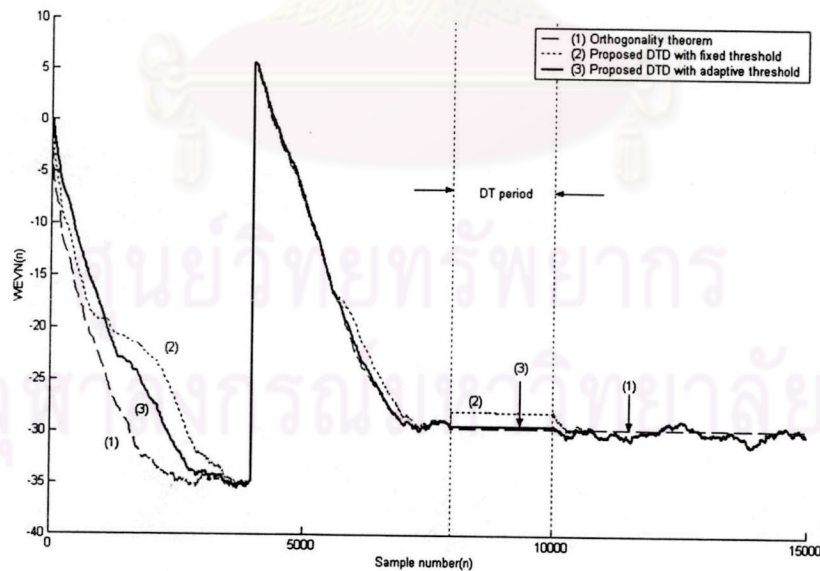
การทำงานของ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะเหมือนกับการทำงานของ DTD ที่นำเสนอดังแสดงในรูปที่ 3.14 โดยจะเปลี่ยนจากจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่มาเป็นจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาแทน

4.3 ผลการทดลองเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา

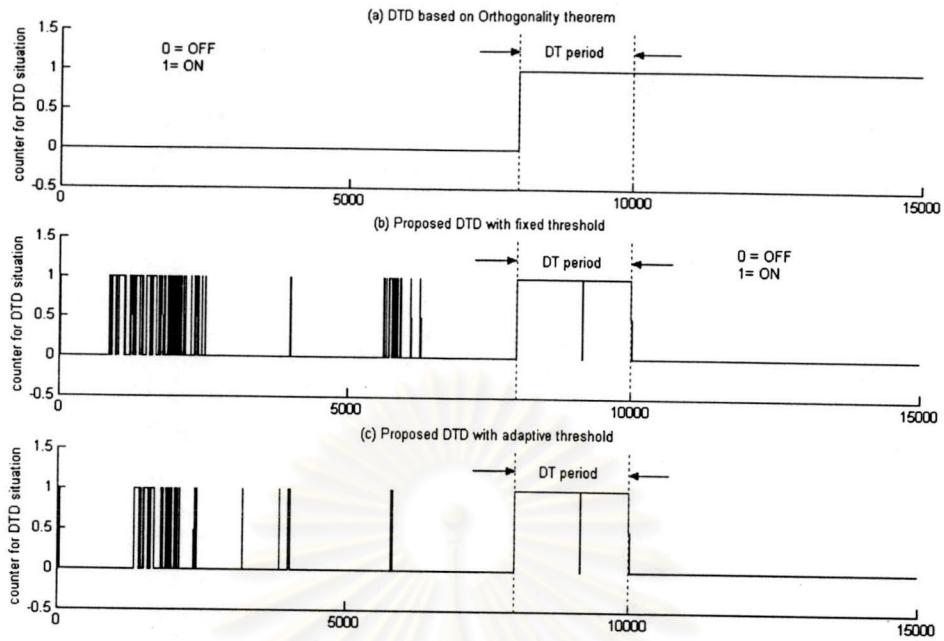
4.3.1 สัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณรบกวนสีขาว

กรณีแรก พิจารณาสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ DTD ที่นำเสนอระหว่างแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา และทำการทดสอบด้วยระเบียบวิธี NLMS เมื่อกำหนดให้ $DTFR = 0$ dB

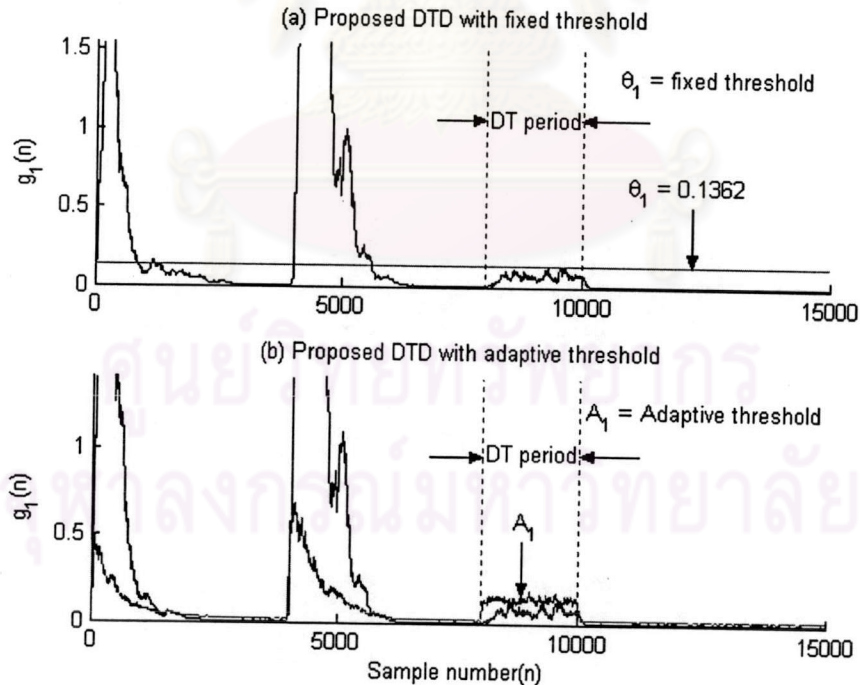
การทดลองนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ DTD ที่นำเสนอระหว่างแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว มีจำนวนซีกตัวอย่าง 15,000 ค่า และความถี่ซีกตัวอย่างเท่ากับ 8 kHz ในการทดลองจะใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว $L = 256$ กำหนดให้สัญญาณรบกวนพื้นหลังในห้องโถงและสัญญาณสะท้อนที่ไมโครโฟนมีค่า $SNR = 30$ dB และสมมติให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4000 สำหรับช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เริ่มต้นจากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



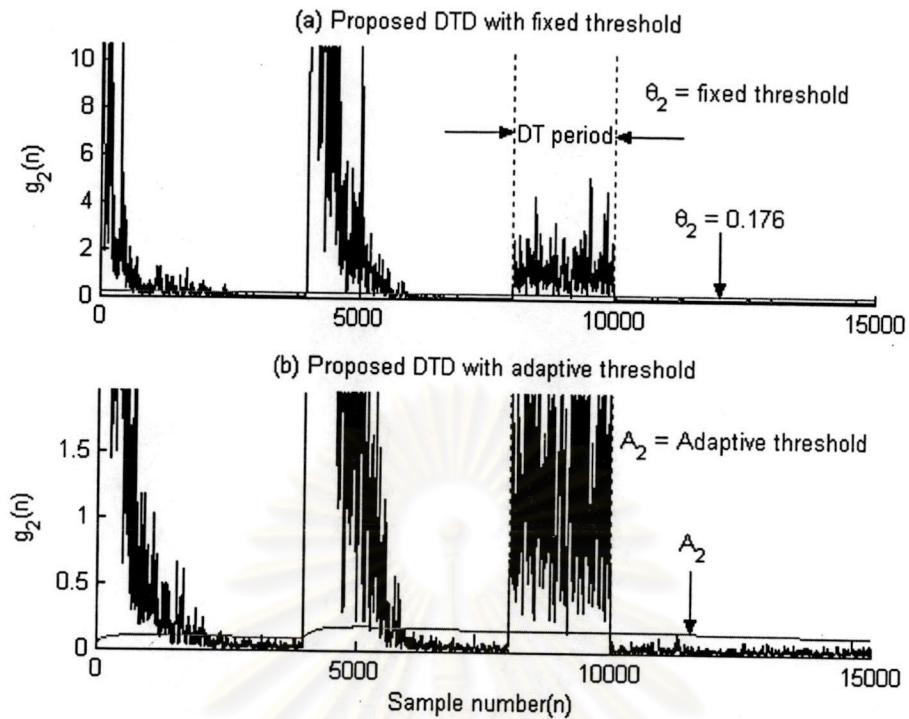
รูปที่ 4.12 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ (1) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก (2) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ และ (3) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี $DTFR = 0$ dB



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบการทำงานของ DTD ระหว่าง (a) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และ (c) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบ DTD $g_1(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบ DTD $g_2(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB

พิจารณารูปที่ 4.12 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก จะสังเกตได้ว่าในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบจะยังหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของ DTD ดังในรูปที่ 4.13 (a) เส้นที่ (2) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ สังเกตได้ว่าอัตราการลู่เข้าในช่วงแรกจะต่างกับเส้นที่ (1) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของ DTD ที่ตัดสัญญาณในบางช่วง ดังในรูปที่ 4.13 (b) ส่วนในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT พบว่า แม้จะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว แต่จะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเล็กน้อยประมาณ 1.5 dB และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวต่อไป เส้นที่ (3) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา สังเกตได้ว่าลักษณะของ WEVN ในช่วงแรกจะค่อนข้างดีกว่าเมื่อเทียบกับเส้นที่ (2) ส่วนในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT พบว่า แม้จะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัว ระบบจะไม่เกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเช่นเดียวกับเส้นที่ (1) และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรรองแบบปรับตัวต่อไป

พิจารณารูปที่ 4.14 (b) และ 4.15 (b) จะพบว่าลักษณะของจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา $A_1(n)$ และ $A_2(n)$ มีลักษณะต่างกันเนื่องจากการเลือกค่า forgetting factor β_L ต่างกันโดยกำหนดให้ β_L ของ $A_1(n)$ มีค่าเท่ากับ 0.97 และ β_L ของ $A_2(n)$ มีค่าเท่ากับ 0.9999 หรือกล่าวอีกความหมายหนึ่งได้ว่า จะให้ความสำคัญของข้อมูลที่ผ่านมาสำหรับ $A_1(n)$ น้อยกว่า $A_2(n)$ ซึ่งจะสอดคล้องกับสมมติฐานในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ดังในสมการที่ (3.19) – (3.21) เพราะถ้าเลือก β_L ของ $A_2(n)$ คล้ายคลึงกับ β_L ของ $A_1(n)$ จะส่งผลให้การทำงานของ DTD ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ตัดสินผิดพลาดคือจะตัดสินว่าระบบ AEC อยู่ในสถานะ ST แทน นอกจากนี้จากรูปที่ 4.13 (b) และ 4.13 (c) จะพบว่า DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะช่วยลดการตัดสินผิดพลาดได้ดีมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ดังแสดงในตารางที่ 4.1

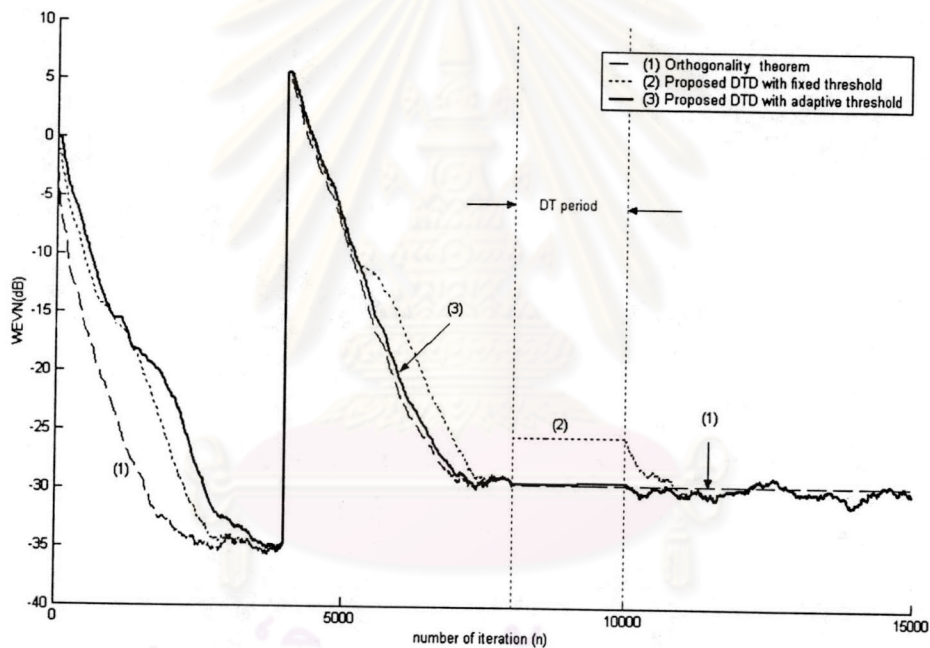
เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลากรณี DTFR = 0 dB			
	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลา	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลง
ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT	13.052	6.12	53.111
ช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT	0.4	0.15	62.5
ช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT	0.24	0.24	0

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB

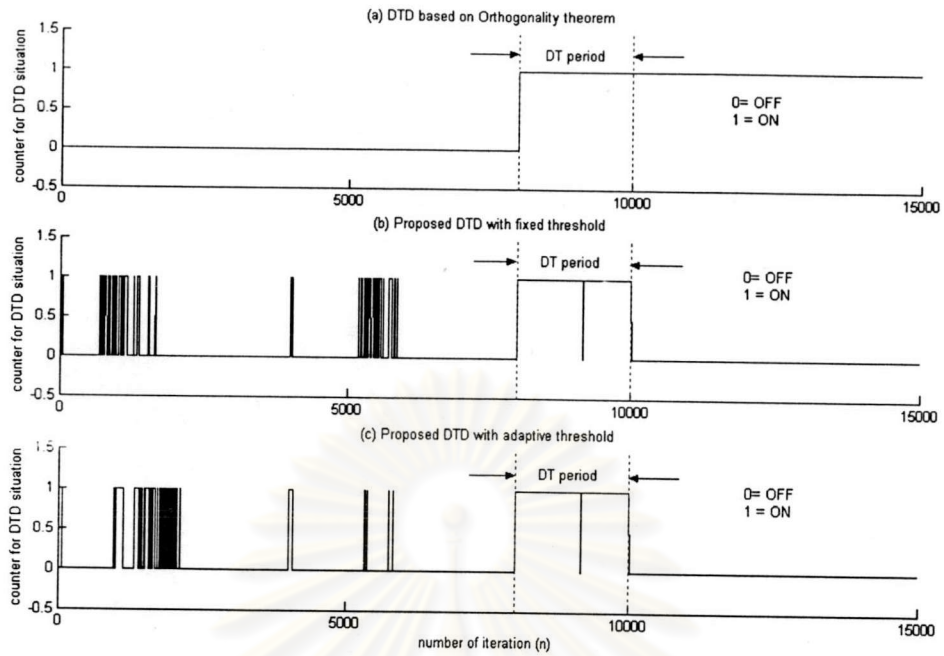
จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะช่วยลดการตัดสินผิดพลาดจากการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ดังนี้ คือ ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 13.052 เป็น 6.12 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 53.111 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 0.4 เป็น 0.15 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 62.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT เมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลาเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดยังคงเท่าเดิมคือ 0.24 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่สอง พิจารณาสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ DTD ที่นำเสนอระหว่างแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา และทดสอบด้วยระเบียบวิธี NLMS กรณีที่ใช้ค่า DTFR = 6 dB

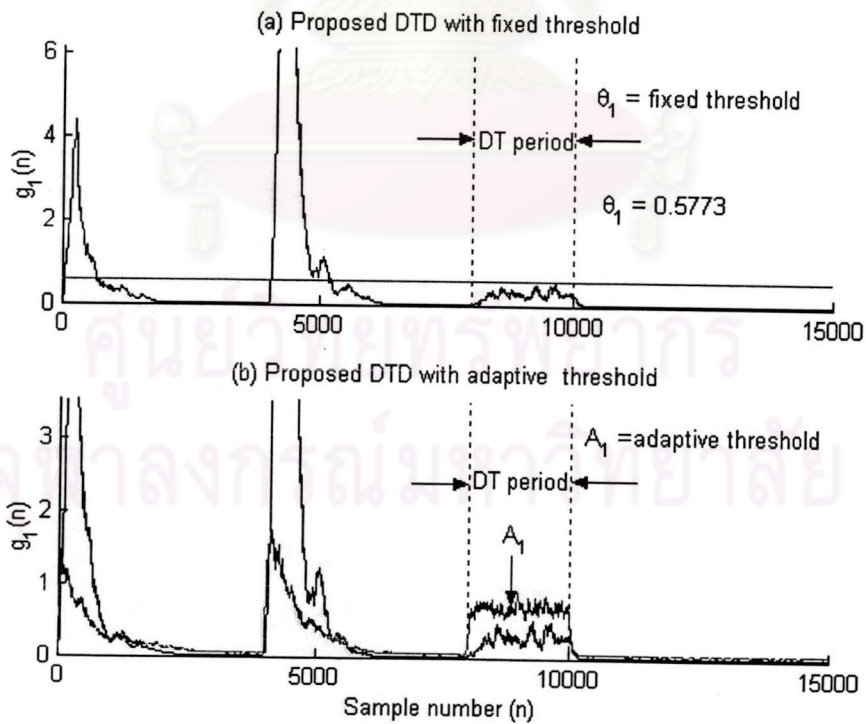
การทดลองนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ DTD ที่นำเสนอระหว่างแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว มีจำนวนซีกตัวอย่าง 15,000 ค่า และความถี่ซีกตัวอย่างเท่ากับ 8 kHz ในการทดลองจะใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว $L = 256$ กำหนดให้สัญญาณรบกวนพื้นหลังในห้องโถงและสัญญาณสะท้อนที่ไม่โครโฟนมีค่า SNR = 30 dB และสมมติให้เกิดสถานการณ์ AEPIC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4000 สำหรับช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เริ่มต้นจากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000



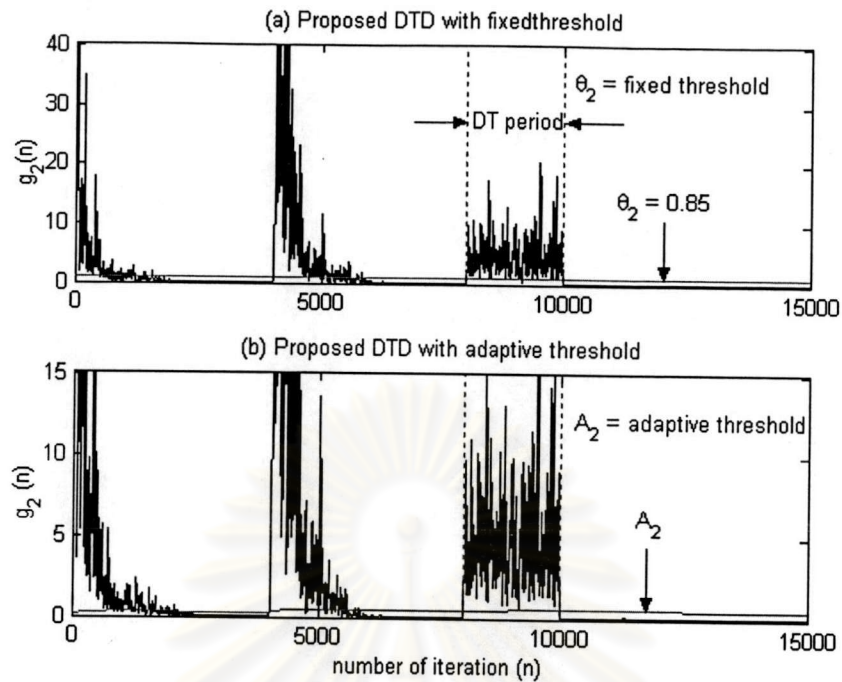
รูปที่ 4.16 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ (1) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก (2) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และ (3) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 6 dB



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบการทำงานของ DTD ระหว่าง (a) DTD ที่อาศัยทฤษฎีความตั้งฉาก (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และ (c) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 6 dB



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบ DTD $g_1(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 6 dB



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบ DTD $g_2(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 6 dB

พิจารณารูปที่ 4.16 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ซึ่งอาศัยทฤษฎีความถี่ความถี่ จะสังเกตได้ว่าในช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT ระบบจะหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัว และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT ระบบจะยังหยุดการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของ DTD ดังในรูปที่ 4.17 (a) เส้นที่ (2) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ สังเกตได้ว่าอัตราการลู่เข้าในช่วงแรกจะช้ากว่าเมื่อเทียบกับเส้นที่ (1) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของ DTD ที่ตัดสินผิดพลาดในบางช่วง ดังในรูปที่ 4.17 (b) ส่วนในช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT พบว่า แม้จะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัว แต่ระบบจะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเล็กน้อยประมาณ 4 dB และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT ระบบก็ยังปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป เส้นที่ (3) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา สังเกตได้ว่าลักษณะของ WEVN ในช่วงแรกจะใกล้เคียงกับเส้นที่ (2) ส่วนในช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT พบว่า แม้จะทำการปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัว ระบบจะไม่เกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเช่นเดียวกับเส้นที่ (1) และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์การรบกวน DT ระบบก็ยังปรับปรุงสัมประสิทธิ์ของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป

พิจารณารูปที่ 4.18 (b) และ 4.19 (b) จะพบว่าลักษณะของจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา $A_1(n)$ และ $A_2(n)$ มีลักษณะต่างกันเนื่องจากการเลือกค่า forgetting factor β_L ต่างกันโดยกำหนดให้ β_L ของ $A_1(n)$ มีค่าเท่ากับ 0.97 และ β_L ของ $A_2(n)$ มีค่าเท่ากับ 0.9999 หรือกล่าวอีกความหมายหนึ่งได้ว่า จะให้ความสำคัญของข้อมูลที่ผ่านมาสำหรับ $A_1(n)$ น้อยกว่า $A_2(n)$ ซึ่งจะสอดคล้องกับสมมติฐานในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ดังในสมการที่ (3.19) – (3.21) เพราะถ้าเลือก β_L ของ $A_2(n)$ คล้ายคลึงกับ β_L ของ $A_1(n)$ จะส่งผลให้การทำงานของ DTD ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ตัดสินผิดพลาดคือจะตัดสินใจระบบ AEC อยู่ในสถานการณ์ ST แทน นอกจากนี้จากรูปที่ 4.17 (b) และ 4.17 (c) จะพบว่า DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะช่วยลดการตัดสินใจผิดพลาดได้ดีมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ดังแสดงในตารางที่ 4.2

เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลากรณี DTFR = 6 dB			
	เปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่	เปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา	เปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดที่ลดลง
ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT	9.55	8.9	6.806
ช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT	0.4	0.1	75
ช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT	0.24	0.24	0

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 6 dB

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะช่วยลดการตัดสินใจผิดพลาดจากการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ดังนี้ คือ ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 9.55 เป็น 8.9 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 6.806 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 0.4 เป็น 0.1 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT เมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาเปอร์เซ็นต์การตัดสินใจผิดพลาดยังคงเท่าเดิมคือ 0.24 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองที่ผ่านมาในหัวข้อ 4.3.1 นั้นได้ทำการทดสอบสมรรถนะของระบบ AEC เมื่อใช้ DTD ที่นำเสนอและทดสอบกับระเบียบวิธี NLMS ไปแล้วนั้น ต่อไปจะนำ DTD ที่นำเสนอนี้ไปทดสอบกับระเบียบวิธี AP เพื่อเพิ่มอัตราการรู้เข้าของระบบ ซึ่งในบทที่ 2 ได้ทำการเปรียบเทียบความซับซ้อนในการคำนวณระหว่างระเบียบวิธี AP และระเบียบวิธี NLMS เมื่อทำการเพิ่มอันดับของระเบียบวิธี AP ในตารางที่ 2.6 โดยจะเลือกใช้ $P = 2$ เพราะมีความซับซ้อนในการคำนวณน้อยกว่าเมื่อเลือกค่า P ที่สูงกว่านี้ และที่สำคัญคืออัตราการรู้เข้าเมื่อเลือกใช้ค่า $P = 2$ นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อเลือกค่า P ที่สูงกว่า เช่น $P = 5$ นอกจากนี้จะแสดงให้เห็นว่า DTD ที่นำเสนอ นั้นไม่ได้ขึ้นกับระเบียบวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

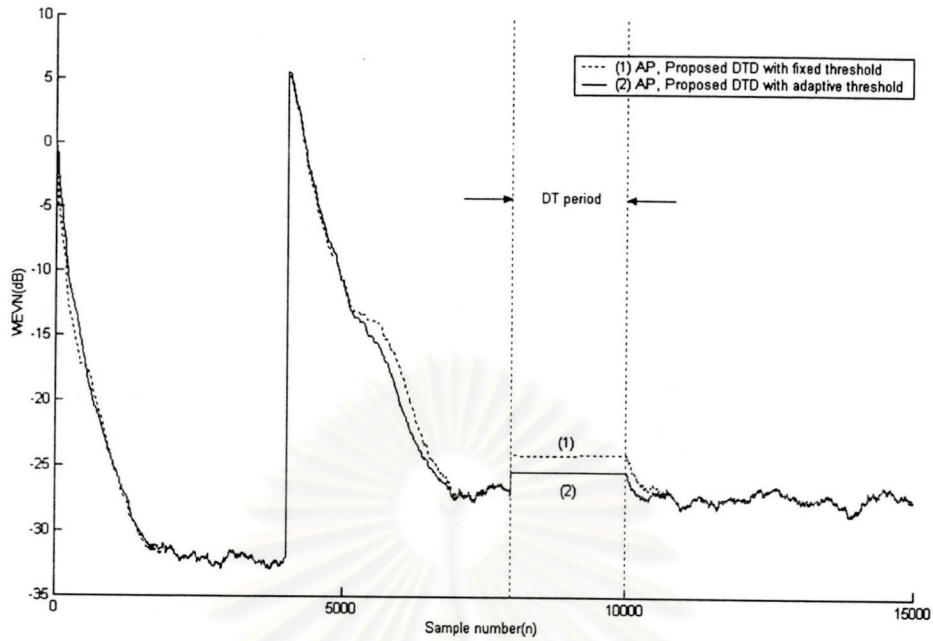
4.4 ผลการทดลองเมื่อใช้ DTD ที่นำเสนอมาทดสอบกับระเบียบวิธี AP

4.4.1 สัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณรบกวนสีขาว

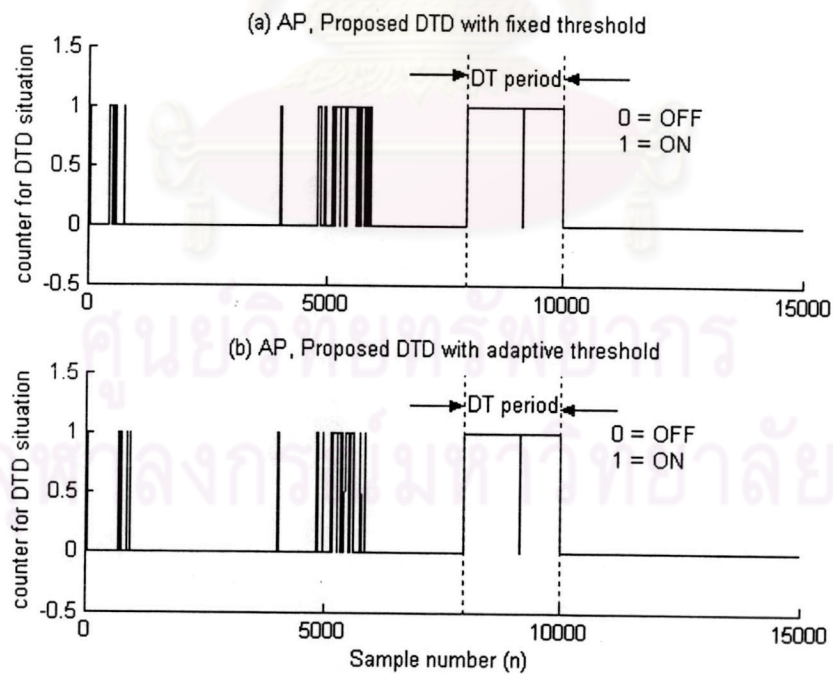
ในการทดลองนี้จะพิจารณาสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ DTD ที่นำเสนอระหว่างแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และแบบที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา และทำการทดสอบด้วยระเบียบวิธี AP เมื่อกำหนดให้ $DTFR = 0$ dB สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว มีจำนวนซีกตัวอย่าง 15,000 ค่า และความถี่ซีกตัวอย่างเท่ากับ 8 kHz ในการทดลองจะใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว $L = 256$ กำหนดให้สัญญาณรบกวนพื้นหลังในห้องใกล้และสัญญาณสะท้อนที่ไม่โครโฟนมีค่า $SNR = 30$ dB และสมมติให้เกิดสถานการณ์ AEPC ณ การวนซ้ำรอบที่ 4000 สำหรับช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เริ่มต้นจากการวนซ้ำรอบที่ 8,000 - 10,000 และกำหนดให้อันดับของระเบียบวิธี AP ($P=2$) และจุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาในสมการที่ (4.3) จะเปลี่ยนเป็น

$$(\sigma_L(n))^2 = (1 - \beta_L)(\|e(n)\|^2) + \beta_L(\sigma_L(n-1))^2 \quad (4.4)$$

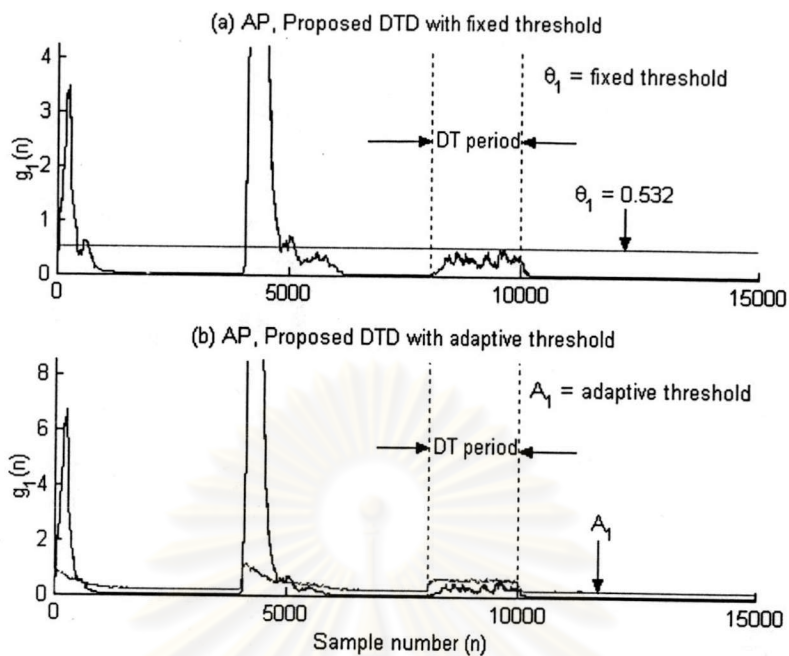
และค่าเริ่มต้นของจุดเริ่มเปลี่ยนจะเปลี่ยนเป็น $A(1) = \|e(n)\|^2$



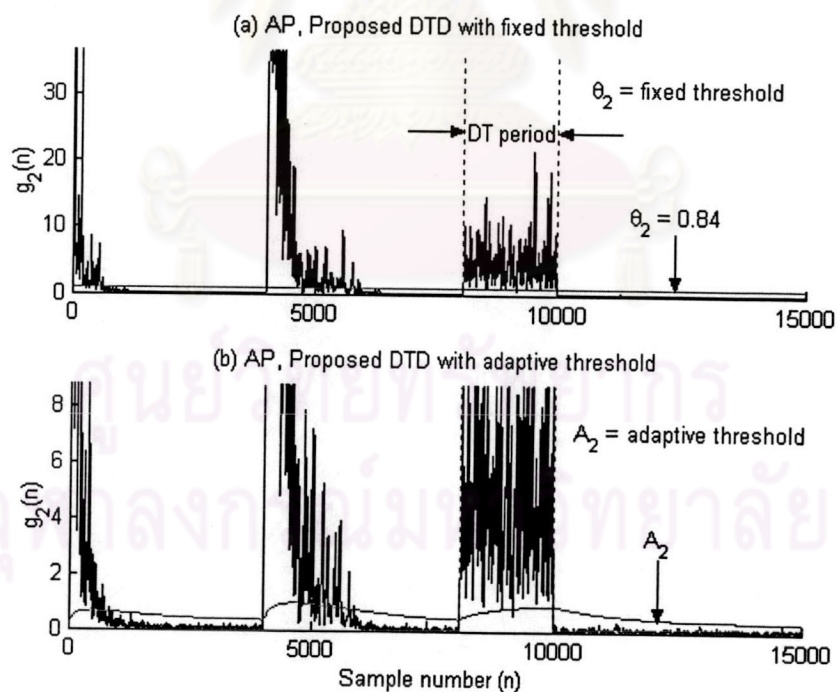
รูปที่ 4.20 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC ที่มีการใช้ (1) DTD ที่นำเสนอ
โดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ และ (2) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลง
เปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบการทำงานของ DTD ระหว่าง (1) DTD ที่นำเสนอโดยใช้
จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงแบบคงที่ และ (2) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยน
แบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบ DTD $g_1(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบ DTD $g_2(n)$ ระหว่าง (a) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ (b) DTD ที่นำเสนอโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB

พิจารณารูปที่ 4.20 เส้นที่ (1) คือสมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอดโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และเส้นที่ (2) สมรรถนะของระบบ AEC ที่ใช้ DTD ที่นำเสนอดโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา จะสังเกตได้ว่าอัตราการรู้เข้าในช่วงแรกจะยังมีการตัดสินผิดพลาดแต่จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระเบียบวิธี NLMS ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ DTD ที่ตัดสินผิดพลาดในบางช่วง ดังในรูปที่ 4.21 และจะมีอัตราการรู้เข้าเร็วกว่าระเบียบวิธี NLMS เล็กน้อยเพราะใช้อันดับของระเบียบวิธี AP ($P=2$) ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT พบว่า แม้จะทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของวงจรกรองแบบปรับตัว เส้นที่ (1) จะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเล็กน้อยประมาณ 2.5 dB ส่วนเส้นที่ (2) จะเกิดการลู่ออกจากสภาวะอยู่ตัวเล็กน้อยประมาณ 1 dB และหลังจากหมดช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ระบบก็ยังปรับปรุงประสิทธิภาพของวงจรกรองแบบปรับตัวต่อไป และการเปรียบเทียบ DTD $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ระหว่าง DTD ที่นำเสนอดโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และ DTD ที่นำเสนอดโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.22 และ 4.23 จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการทดลอง DTD ที่นำเสนอดเมื่อทดสอบกับระเบียบวิธี NLMS

เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลากรณี DTFR = 0 dB เมื่อทำการทดสอบกับระเบียบวิธี AP			
	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา	เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลง
ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT	10.226	0.066	93.546
ช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT	0.75	0.4	46.667
ช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT	2.6	2.6	0

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบการทำงานระหว่าง DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่และ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณี DTFR = 0 dB เมื่อทำการทดสอบกับระเบียบวิธี AP

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะช่วยลดการตัดสินผิดพลาดจากการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ดังนี้ คือ ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 10.226 เป็น 0.066 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 93.546 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เปอร์เซ็นต์การตัดสินผิดพลาดจากการใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะลดลงจาก 0.75 เป็น 0.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น

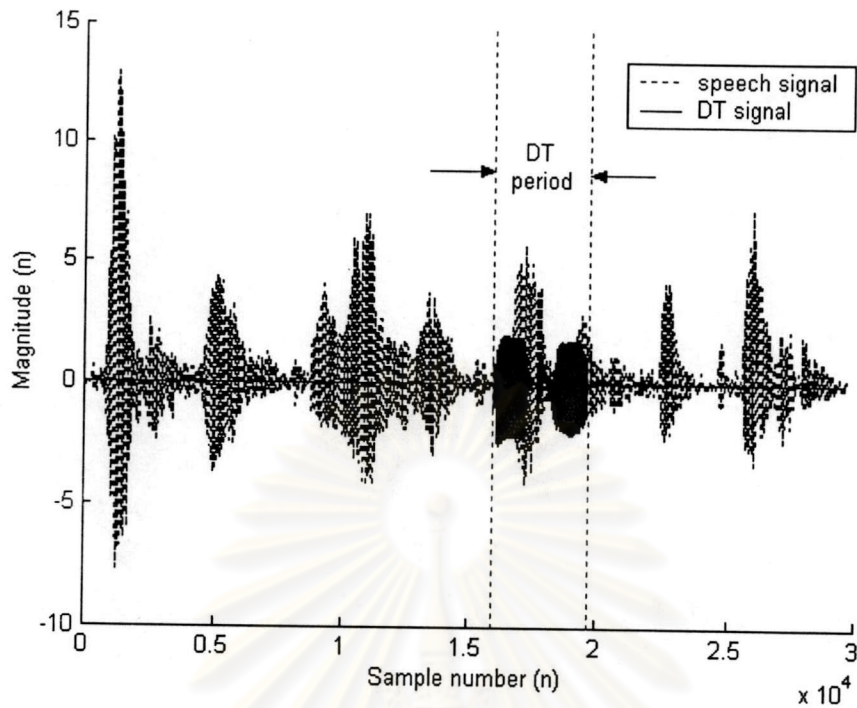
เปอร์เซ็นต์การตัดลินผิดพลาดที่ลดลงเท่ากับ 46.667 เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่วงหลังเกิดสถานการณ์ DT เมื่อใช้ DTD ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงตามเวลาเปอร์เซ็นต์การตัดลินผิดพลาดยังคงเท่าเดิมคือ 2.6 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่า DTD ที่นำเสนอทั้งการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงคงที่และการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อนำมาทดสอบกับระเบียบวิธี NLMS และระเบียบวิธี AP พบว่า DTD ที่นำเสนอสามารถทำงานได้ดีเช่นเดียวกัน และน่าจะให้ผลที่ดีเช่นเดียวกันนี้เมื่อนำไปใช้กับระเบียบวิธีอื่น ๆ หรือกล่าวในอีกความหมายหนึ่งคือ DTD ที่นำเสนอไม่ได้ขึ้นกับระเบียบวิธีใด ๆ

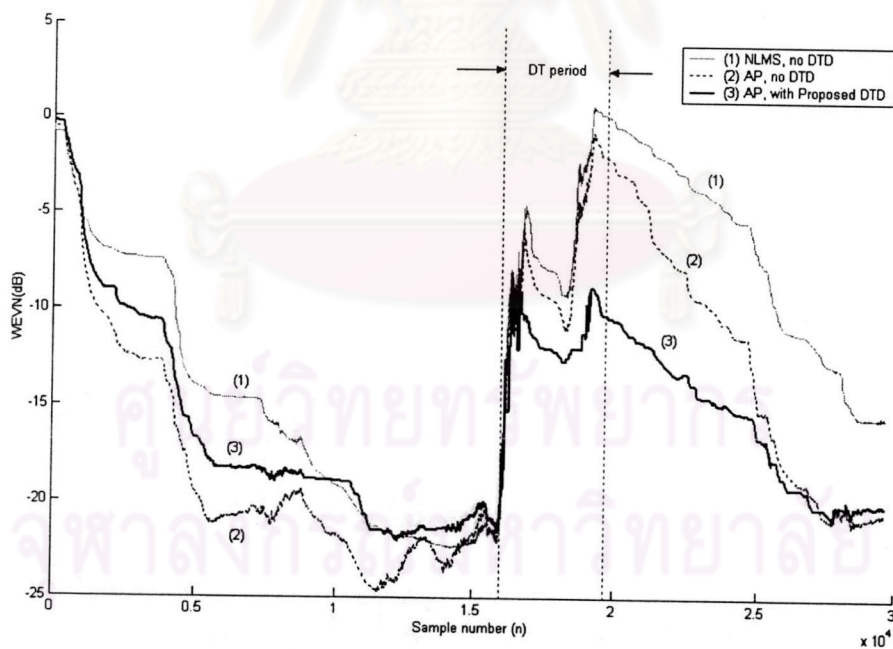
4.5 ผลการทดลองเมื่อใช้ DTD ที่นำเสนอที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงคงที่เมื่อสัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณเสียงพูด

การทดลองนี้จะเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ AEC 3 ระบบ คือ 1. ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ 2. ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ และ 3. ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อมี DTD ที่นำเสนอที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแปลงคงที่ สัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณเสียงพูดแสดงดังรูปที่ 4.24 มีจำนวนซีกตัวอย่าง 29,696 ค่า และความถี่ซีกตัวอย่างเท่ากับ 8 kHz ในการทดลองจะใช้วงจรกรองแบบปรับตัวที่มีความยาว $L = 256$ ลักษณะของวิธีสะท้อนทางเสียงในห้องใกล้ที่ใช้ในการทดลองจะเหมือนกับในรูปที่ 4.1 กำหนดให้สัญญาณรบกวนพื้นหลังในห้องใกล้และสัญญาณสะท้อนที่ไม่โครโฟนมีค่า $SNR = 30$ dB และสมมติให้ช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เริ่มต้นจากการวนซ้ำรอบที่ 16,000 - 19,720

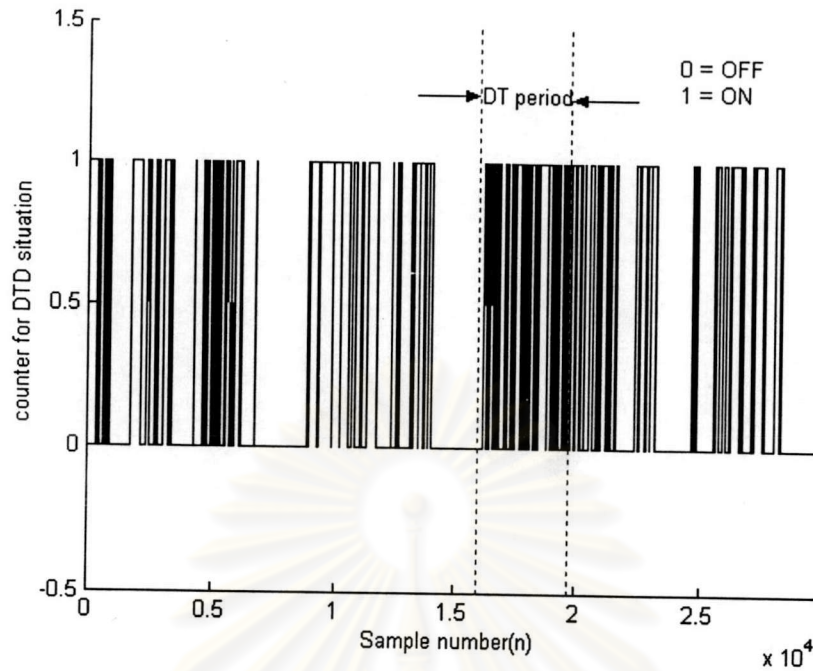
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



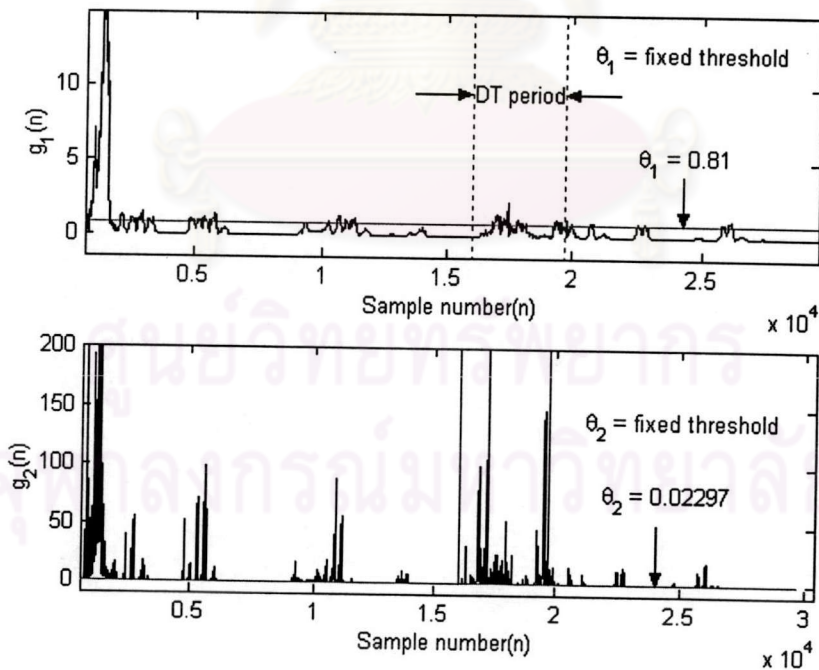
รูปที่ 4.24 สัญญาณเสียงพูดและสัญญาณ DT



รูปที่ 4.25 ค่า WEVN เปรียบเทียบสมรรถนะของ (1) ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ (2) ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ และ (3) ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อมี DTD ที่นำเสนอก่อนที่จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ เมื่อสัญญาณเข้า และสัญญาณ DT เป็นสัญญาณเสียงพูด กรณี $DTFR = 0$ dB



รูปที่ 4.26 การทำงานของ DTD ที่นำเสนอที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ในระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อสัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณเสียงพูด กรณี DTFR = 0 dB



รูปที่ 4.27 DTD $g_1(n)$ และ $g_2(n)$ ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อมี DTD ที่นำเสนอ ที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ เมื่อสัญญาณเข้าและสัญญาณ DT เป็นสัญญาณเสียงพูด กรณี DTFR = 0 dB

พิจารณารูปที่ 4.24 เส้นที่ (1) คือ ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ และเส้นที่ (2) คือ ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อไม่มี DTD ใด ๆ และเส้นที่ (3) คือ ระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี AP เมื่อมี DTD ที่นำเสนอที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนแบบคงที่ พบว่าเมื่อใช้ระเบียบวิธี AP ที่ใช้อันดับ $P = 2$ จะทำให้อัตราการลู่เข้าเร็วกว่าเมื่อเทียบกับระบบ AEC ที่ใช้ระเบียบวิธี NLMS และในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT เมื่อพิจารณาเส้นที่ (3) พบว่า ระบบเกิดการลู่ออกจากสถานะอยู่ตัวประมาณ 10 dB ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ DTD ตัดสินผิดพลาดและมีการประวิงเวลา ในช่วงที่เกิดสถานการณ์ DT ซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 4.26 นอกจากนี้ จะพบว่า DTD มีการตัดสินใจผิดพลาดมาก ซึ่งเป็นผลจากลักษณะเฉพาะของสัญญาณเสียงพูดที่มีระดับพลังงานในช่วงต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ทำให้การเลือกค่าจุดเริ่มเปลี่ยน θ_2 ของ $g_2(n)$ ที่เหมาะสมจะค่อนข้างยาก ดังแสดงในรูปที่ 4.27 เพราะถ้าจะทำให้การตัดสินใจผิดพลาดในช่วงต่าง ๆ น้อยลงนั้น ค่า θ_2 ควรจะมีค่ามากกว่าค่า $g_2(n)$ ในช่วงที่อยู่ในสถานะอยู่ตัว และค่า θ_2 ควรจะมีค่าน้อยกว่าค่า $g_2(n)$ ในช่วงที่อยู่เกิดสถานการณ์ DT จึงเป็นเหตุให้ DTD ที่นำเสนอนี้เมื่อนำไปใช้กับระบบ AEC ที่มีสัญญาณเข้าเป็นสัญญาณเสียงพูดมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อเทียบกับการนำไปใช้กับระบบ AEC ที่มีสัญญาณเข้าเป็นสัญญาณรบกวนสีขาว ซึ่งปัญหานี้จะได้รับการศึกษาหรือพัฒนาต่อไปในอนาคต

ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย